

奈米固態物理應用的建立及半導體產業的新契機

固態物理(Solid State Physics)是固態電子元件發展的基磐學理，不論是半導體積體電路產業或光電產業皆是建築在固態物理應用之上。固態物理本身有一個理想的模型假說，“電子是在一完美且無盡的週期性晶格裡運動，因而產生了材料本身特有的電子能帶結構”，我們所應用的電子光電現象，即源於此能帶結構(Energy Band Structure)。然而，奈米科技的興起，人維奈米尺寸材料結構的操控技巧，使得電子得面對奈米尺寸的環境束縛或影響，進而產生新的電子能階或電子能帶；基於此，新的奈米固態物理應用也因此展開。

在半導體積體電路製造技術中，130 奈米的製程已是成熟的量產技術，目前正由 90 奈米向 65 奈米製程技術挺進，然而就 65 奈米尺寸的積體電路技術而言，依然是架構在固態物理應用的現象範疇裡，尚未真正面臨新奈米尺寸量子現象的挑戰。但是若再繼續縮小元件特徵尺度(<45 奈米)，新的奈米量子現象將是必須面對的課題。

近 25 年來，奈米尺寸下的量子功能元件(Quantum Functional Devices)的研究是美、日、歐各國在電子元件前瞻技術的研發重點。超晶格元件(Super-lattice Devices)、量子點(Quantum Dots)、量子線(Quantum Wires)、單電子元件(Single-electron Devices)是四個熱門主題，在應用上更希望能與半導體積體電路的成熟製程相結合，例如在日本即將單電子元件與 CMOS 相結合而開發出亂數產生源(Random Number Generator)。

在過去，奈米量子元件的研發工具主要是分子束磊晶(MBE)的技術或是奈米尺寸的蝕刻技術^(1,2)，這些皆需昂貴的設備投資與高額的製程成本。目前工研院利用濺鍍法開發出“自組成奈米介面量子井結構”、“三維奈米複合結構”的操控技術^(3,4)，可運用在量子穿隧二極體、量子穿隧電晶體、微波開關、紅外線/遠紅外線感測、突波保護...等主動/被動電子元件的應用，這將是另一奈米固態物理應用的“民生消費”型技術。

工研院材料所工程師 盧榮宏

參考文獻

- (1). L.L. Chang, L. Esaki and R. Tsu, Appl. Phys. Lett. 24, 593 (1974)
- (2). J. P. Van der Ziel, R. Dingle, R. C. Miller, W. Weigmann and W. A. Nordland, Jr. Appl. Phys. Lett. 26, 463(1975)
- (3). “I-V characteristics of the quantum tunneling transistor/diode with a new self-assembly nano-interface structure”, L.Y. Shieh, Y.H. Yeh, C.H. Chen, and J.H. Lu, 2004.
- (4). “New Manipulated Energy Band Structure in 3D Nano-composite Ceramic Thin Film”, Y.H. Yeh, L.Y. Shieh, C.J. Liu, C.H. Chang, and J.H. Lu, 2004.